

Применение обращенной конструкции стартера–генератора позволило исключить из двигательной установки транспортного средства отдельный маховик. Роль маховика, предназначенного для гашения пульсаций момента двигателя внутреннего сгорания за счет запасенной энергии во вращающейся массе, в данном случае выполняет внешний ротор стартера–генератора.

Однако такая конструкция стартера–генератора имеет существенный недостаток: размещение статора, который является главным источником тепла, внутри вращающегося ротора затрудняет охлаждение. В работе [2] дается оценка теплового состояния стартер–генератора и предлагаются меры для интенсификации охлаждения его обмотки.

Библиографический список

1. Патент RU 2280936 С2 Н02К 1/16 (2006.01).
2. Копытин П.А., Носкова М.И., Денисенко В.И. К оценке теплового состояния стартера–генератора транспортного средства // Статья в настоящем сборнике. Екатеринбург: УрФУ, 2010. С. 104-106.

К ОЦЕНКЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ СТАРТЕРА–ГЕНЕРАТОРА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

*Копытин П.А., Носкова М.И., Денисенко В.И.
УрФУ*

e-mail: kem_em@mail.ustu.ru; shechko@mail.ru

Описание конструкции стартера–генератора (С-Г) приведено в [1]. Конструкция С-Г в отношении теплопередачи имеет недостаток. Ротор охватывает статор, в результате тепло передается через внутренний воздух машины, что способствует увеличению перепада температуры. Основным источником потерь находятся в «сердце» машины, что усложняет процесс отвода тепла и требует интенсификации путей охлаждения. При создании новой конструкции машины особое место необходимо отвести тепловому расчету и дополнительным путям отведения тепла от источников.

В основе математической модели для проведения теплового расчёта стартера–генератора лежит метод эквивалентных тепловых схем. В основу положена полная тепловая схема, так как условия охлаждения у заднего и переднего подшипниковых щитов различны.

На рисунке показаны основные тепловые связи проектируемой машины, которые целесообразно учесть при разработке методики теплового расчета. По приведенной тепловой схеме выделяющаяся теплота передается следующим образом.

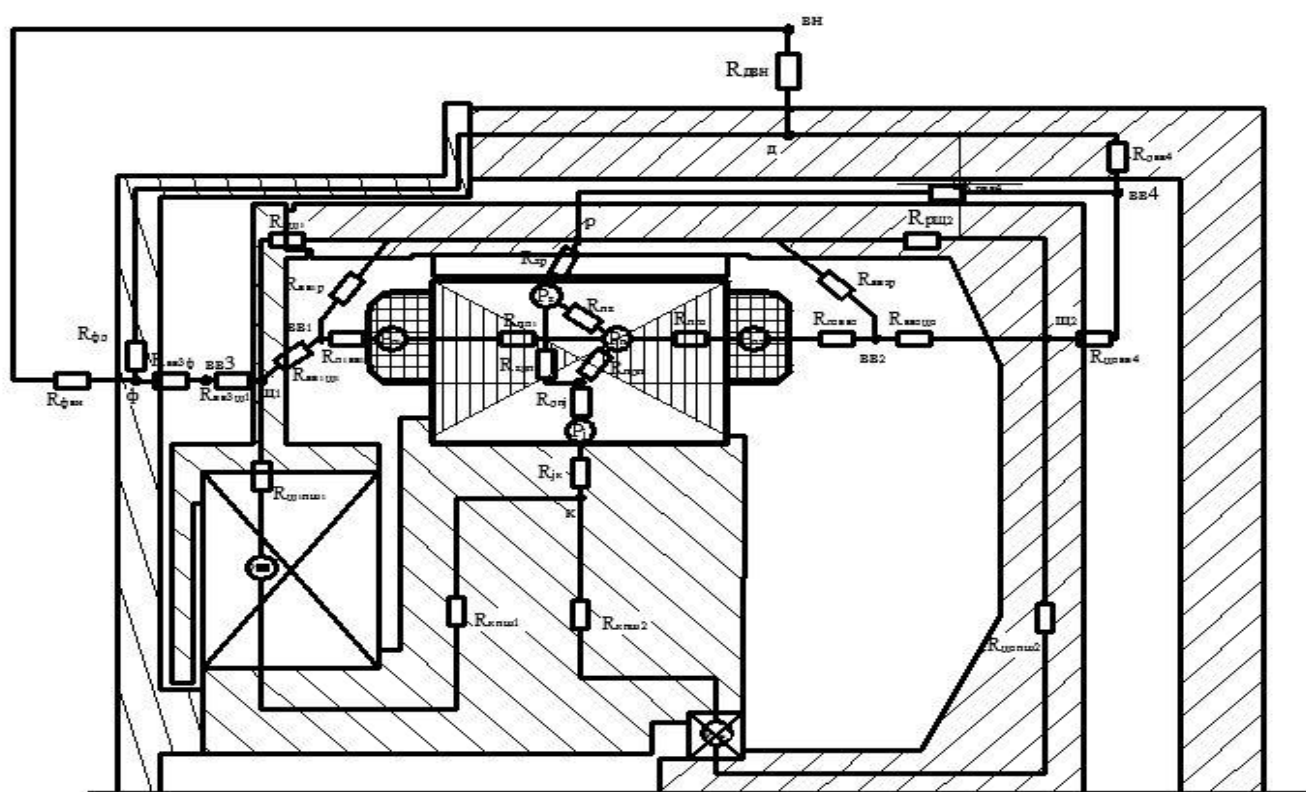
Пазовая часть обмотки (Р) отдает теплоту зубцам (Z) пакета статора, а также (J) спинке сердечника статора. К ротору поступает теплота от зубцов пакета статора (Z) через воздушный зазор. Этот поток, соединившись с теплотой, идущей через подшипниковые щиты, поступает в картер. Параллельно часть потока от зубцов статора поступает в подшипниковые щиты и ступицу.

Тепловой поток, поступивший в картер, снимается воздушным потоком от вентилятора двигателя внутреннего сгорания.

Стартер-генератор находится в худших условиях отвода тепла по сравнению с машинами общепромышленного применения, так как он размещен в нише картера двигателя внутреннего сгорания. Поэтому, при составлении тепловой схемы температура окружающей среды принята повышенной – 65°C .

На тепловой схеме (рисунок) показаны также пути отвода теплоты от статора через лобовые части и подшипниковые щиты, при этом теплота рассеивается с торцевых поверхностей щитов. Пути отвода тепла через вал не учитываются, так как теплота, передаваемая через вал мала.

Каждый элемент электрической машины представлен в тепловой схеме телом или узлом. Узлы между собой соединены термическими сопротивлениями, в некоторых узлах расположены сосредоточенные источники тепловыделения.



Эквивалентная тепловая схема стартера-генератора

При составлении эквивалентной тепловой схемы было выделено восемнадцать узлов, а именно: картер двигателя, фланец, воздух внутри корпуса слева, воздух внутри корпуса справа, левый подшипниковый щит, правый подшипниковый щит, ротор, воздух внутри ротора слева, воздух внутри ротора справа, лобовые части обмотки статора слева, лобовые части обмотки статора справа, пазовая часть обмотки статора, зубцы статора, дно паза, спинка статора, ступица, левый подшипник, правый подшипник. Там, где тепловые потоки между узлами оказались существенными, они учтены в схеме в виде связей между узлами (термическими сопротивлениями). Расчет термических сопротивлений тепловой схемы выполнен на основе рекомендаций, приведенных в технической литературе [2, 3].

Расчет температур узлов проводится на основе законов Ома и Кирхгофа для тепловой цепи. При этом после определения термических сопротивлений участков и мощностей источников тепловыделения формируются матрица собственных и взаимных проводимостей узлов, и вектор приведенных источников теплоты. Уравнения тепловой цепи решаются в матричной форме.

$$\Theta = -\lambda^{-1} \cdot P,$$

где θ – матрица-столбец перегревов различных частей двигателя, λ^{-1} – обратимая матрица проводимостей, P – вектор приведенных источников теплоты (потерь).

По результатам проведенного расчета можно сделать следующие выводы: самое «горячее» место – это пазовая часть обмотки статора, она имеет температуру 233 °С, что превышает максимально допустимую температуру для класса изоляции Н.

Для того, чтобы снизить перегрев обмотки статора, предлагается сделать аксиальные каналы в сердечнике статора и осуществить продув воздуха в них при помощи вентилятора, установленного на двигателе внутреннего сгорания и диффузоров. В математическую модель тепловой схемы вносится изменение, добавляется связь сердечника с окружающей средой. В матрице проводимости это отражается добавлением соответствующей проводимости в собственную проводимость узла спинки статора

За счет продува максимальная температура обмотки статора значительно снижается - до 168 °С и становится ниже максимально допустимой для данного класса изоляции Н, которая составляет 180 °С.

Таким образом, предложенные пути интенсификации охлаждения позволили решить имеющиеся проблемы. Применение аксиальных вентиляционных каналов в сердечнике статора и отвод воздуха от вентилятора, установленного на двигателе внутреннего сгорания, в эти каналы с помощью диффузоров обеспечили перегрев обмотки статора машины ниже допустимого уровня.

Результаты работы переданы для использования в НПО «Автоматика».

Библиографический список

1. Копытин П.А., Денисенко В.И. К выбору конструкции стартера–генератора транспортного средства // Статья в настоящем сборнике. Екатеринбург: УрФУ, 2010. С. 102-104.
2. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах: Учеб. для вузов / Г.А. Сипайлов, Д.И. Санников, В.А. Жданов. М.: Высш. шк., 1989. 239 с.
3. Аэродинамика и теплопередача в электрических машинах / А.И. Борисенко [и др.]. М.: Энергия, 1974.

АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ ПРЕДПРИЯТИЯ ОАО «НЯГАНСКИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ»

*Котляров И.И., Ильшева М.А.
УрФУ*

В настоящее время жилищно-коммунальное хозяйство в Российской Федерации – это многоотраслевой комплекс, который включает в себя взаимосвя-